

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of

Yukihiro NISHIKAWA

Serial No.: 10/609,341

Group Art Unit: 2816

Filed: June 27, 2003

Examiner:

For: CONTROL CIRCUIT OF MOSFET FOR SYNCHRONOUS RECTIFICATION

**Certificate of Mailing**

I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on:

Date: 10-06-03

By: [Signature]

Marc A. Rossi

**CLAIM FOR PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following country is hereby requested for the above-identified application and the priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

JAPAN 2002 - 187818    June 27, 2002

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application is filed herewith. It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. 119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

[Signature]

Marc A. Rossi

Registration No. 31,923

10-06-03  
Date

Attorney Docket: FUJI:259

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 6月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-187818

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-187818 ]

出 願 人

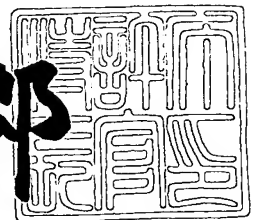
Applicant(s):

富士電機株式会社

2003年 2月 7日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3005142

【書類名】 特許願

【整理番号】 02P00342

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H02M 3/137

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式  
会社内

【氏名】 西川 幸廣

【特許出願人】

【識別番号】 000005234

【氏名又は名称】 富士電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100091281

【弁理士】

【氏名又は名称】 森田 雄一

【電話番号】 03-3234-8177

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 044303

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006576

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 同期整流用MOSFETの制御回路

【特許請求の範囲】

【請求項1】

同期整流用MOSFETのソースからドレインに向かって電流が流れる期間に、MOSFETのゲート・ソース間にゲート電圧を印加するための同期整流用MOSFETの制御回路において、

第1の電流供給手段と、

この電流供給手段の出力側にアノードが接続され、かつ、カソードがMOSFETのドレインに接続された第1のダイオードと、

前記アノードとMOSFETのソースとの間に接続された抵抗と、

前記抵抗の両端電圧と第1の基準電圧とを比較する電圧比較手段と、

この電圧比較手段の出力信号を増幅してMOSFETのゲート・ソース間にゲート電圧を印加するゲート駆動手段と、

を備えたことを特徴とする同期整流用MOSFETの制御回路。

【請求項2】

請求項1記載の同期整流用MOSFETの制御回路において、

第1の基準電圧を、電圧値が一定の基準電源から供給することを特徴とする同期整流用MOSFETの制御回路。

【請求項3】

請求項1記載の同期整流用MOSFETの制御回路において、

第1の基準電圧を、第2の電流供給手段から第2のダイオードに電流を流したときに発生する順電圧降下としたことを特徴とする同期整流用MOSFETの制御回路。

【請求項4】

請求項3記載の同期整流用MOSFETの制御回路において、

第1のダイオード及び第2のダイオードの順方向温度特性がほぼ同一であることを特徴とする同期整流用MOSFETの制御回路。

【請求項5】

請求項 1 ～ 4 の何れか 1 項に記載した同期整流用 MOS F E T の制御回路において、

前記抵抗の両端電圧と第 1 の基準電圧との差がある値以下となったときに MOS F E T に対するゲート電圧が発生しないように保持することを特徴とする同期整流用 MOS F E T の制御回路。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 の何れか 1 項に記載した同期整流用 MOS F E T の制御回路において、

MOS F E T のドレインと第 1 のダイオードのカソードとの間に過飽和リアクトルを接続したことを特徴とする同期整流用 MOS F E T の制御回路。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 の何れか 1 項に記載した同期整流用 MOS F E T の制御回路において、

当該制御回路が、MOS F E T のチップ上に実装される IC チップであること  
を特徴とする同期整流用 MOS F E T の制御回路。

【請求項 8】

請求項 1 ～ 5 の何れか 1 項に記載した同期整流用 MOS F E T の制御回路において、

MOS F E T のチップ上に実装される IC チップ化された当該制御回路の周囲に、過飽和特性を有する磁性体を配置したことを特徴とする同期整流用 MOS F E T の制御回路。

【請求項 9】

請求項 7 に記載した同期整流用 MOS F E T の制御回路において、

MOS F E T の周囲に、過飽和特性を有する磁性体を配置したことを特徴とする同期整流用 MOS F E T の制御回路。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、スイッチング電源等の出力電流を整流または環流させるために用い

られる同期整流用MOSFETの制御回路に関する。

【0002】

【従来の技術】

図16は、フォワードコンバータの2次側にダイオード整流回路を接続した同期整流回路の第1の従来技術であり、図17は図16の回路動作を説明するタイミングチャートである。

図16において、101は直流電源、102はMOSFET（nチャンネルデプレッション形MOSFET）、103はトランス、104、108、109はダイオード、105はMOSFET102の制御回路、106は平滑リアクトル、107は平滑コンデンサ、 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$ はそれぞれトランス103の1次巻線、2次巻線、3次巻線である（これらの巻数も $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$ であるとする）。なお、平滑コンデンサ107の両端には図示されていない負荷が接続されている。

【0003】

図16、図17において、MOSFET102は、出力電圧が一定になるように制御回路105によりオンオフ制御される。図17の期間①でMOSFET102がオンすると、トランス103の1次巻線 $N_1$ には直流電源電圧 $V_{in}$ が印加される。また、トランス103の2次巻線 $N_2$ には、1次巻線電圧 $V_{P1}$ に対して $(N_2/N_1)$ 倍の電圧が発生し、ダイオード108を介して平滑リアクトル106にエネルギーを蓄積しつつ、負荷側にエネルギーを放出する。また、トランス103の励磁インダクタンス（図示せず）には、励磁電流 $I_{m1}$ が流れる。

【0004】

MOSFET102がオフすると、図17の期間②に、トランス103の励磁インダクタンスに蓄積された励磁エネルギーをトランス103の3次巻線 $N_3$ からダイオード104を介して直流電源101に放出する。また、トランス103の2次巻線 $N_2$ には、1次巻線電圧に対して $-(N_2/N_1)$ 倍の電圧が発生し、ダイオード108には逆電圧が印加されるため、ダイオード108に流れていた電流 $I_{D1}$ がダイオード109に転流する。

このとき、平滑リアクトル 1 0 6 に蓄積されていたエネルギーはダイオード 1 0 9 を介して負荷側に放出される。

## 【 0 0 0 5 】

図 1 7 の期間③で励磁電流  $I_{m1}$  が零になると、ダイオード 1 0 4 には逆電圧  $V_{in}$  が印加されてオフし、トランス 1 0 3 の 1 次巻線電圧  $V_{P1}$  は零となる。この期間③では、平滑リアクトル 1 0 6 に蓄積されていたエネルギーは引き続きダイオード 1 0 9 を介して負荷側に放出される。

次に、期間①で MOSFET 1 0 2 が再度オンすると、トランス 1 0 3 の 2 次巻線  $N_2$  には 1 次巻線電圧  $V_{P1}$  に対して  $(N_2/N_1)$  倍の電圧が発生し、ダイオード 1 0 9 には逆電圧が印加されるため、ダイオード 1 0 9 に流れていた電流  $I_{D2}$  がダイオード 1 0 8 に転流する。

以後、期間①から期間③を繰り返す。これにより、平滑リアクトル 1 0 6 を流れる電流  $I_L$  の波形は  $I_{D1}$ 、 $I_{D2}$  の合成波形となる。

## 【 0 0 0 6 】

次に、図 1 8 は、図 1 6 のフォワードコンバータにおけるダイオード 1 0 8、1 0 9 の代わりに MOSFET (n チャンネルデプレッション形 MOSFET) を使用した同期整流回路の第 2 の従来技術であり、図 1 9 は図 1 8 の回路動作を説明するタイミングチャートである。

図 1 8 において、1 1 0、1 1 1 は MOSFET、1 1 3、1 1 4 はこれらの MOSFET のゲートとトランス 1 0 3 の 2 次巻線  $N_2$  の各一端との間に接続された抵抗である。

なお、図 1 8 において、図 1 6 と同一機能のものは同一記号を付して説明を省略する。

## 【 0 0 0 7 】

同期整流回路の出力電圧が 3. 3 V から 5 V 程度の低い電圧である場合、図 1 6 のようにダイオードを使用した整流回路では、ダイオードの順方向電圧降下 (0. 5 ~ 1 V 程度) によって導通損失の割合が非常に大きくなる。

一方、MOSFET に負のドレイン電流を流す場合、このドレイン電流はゲート・ソース間に電圧を印加しないときには MOSFET のボディダイオードに流

れるため 0.5 V 程度の電圧降下が発生するが、ゲート・ソース間に正の電圧を印加することでオン抵抗と同じ抵抗性を示すため、電圧降下を低減することができる。図 18 の従来技術はこの点に着目したものである。

#### 【0008】

図 18 の回路が図 16 の回路と異なる点は、図 19 に示すように、期間①では MOSFET 111 のドレイン・ソース間に印加される電圧  $V_{Q3}$  を MOSFET 110 のゲート信号として印加して負のドレイン電流  $I_{Q2}$  を流し、MOSFET 110 の導通損失を低減する点と、期間②では MOSFET 110 のドレイン・ソース間に印加される電圧  $V_{Q2}$  を MOSFET 111 のゲート信号として印加して負のドレイン電流  $I_{Q3}$  を流し、同様に MOSFET 111 の導通損失を低減する点である。

図 19 における  $I_{Q2}$ 、 $I_{Q3}$  の斜線部分が、導通損失が低減される期間である。

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

図 18 に示したような従来技術では、図 19 の期間③において MOSFET 111 にゲート電圧が印加されない期間が発生するため、導通損失の低減効果が小さくなる。これにより、装置全体としての効率が低下し、また、発熱に対する冷却能力を多く必要として冷却装置が大型化し、ひいては装置全体の小型軽量化を損なうという問題があった。

従って、本発明の課題は、MOSFET に電流が流れる期間の殆どでゲート電圧を MOSFET に印加することにより、導通損失の低減効果を高め、装置効率の向上や小型軽量化を可能にした同期整流用 MOSFET の制御回路を提供することにある。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、請求項 1 及び請求項 2 の発明では、同期整流用 MOSFET のドレインに第 1 のダイオードのカソードを接続し、第 1 のダイオードのアノードに第 1 の電流供給手段を接続すると共に、第 1 のダイオードのアノード



ドMOSFETのソースとの間に抵抗を接続してその両端電圧を検出する。この抵抗の両端電圧は、同期整流用MOSFETに電流が流れたときの電圧降下に従って変化する。従って、抵抗両端の電圧と第1の基準電圧との大小関係を電圧比較手段により比較して、第1の電圧比較手段の出力信号を増幅し、ゲート駆動手段により同期整流用MOSFETのゲート・ソース間にゲート電圧を印加することにより、ある電流レベルを基準にして同期整流用MOSFETのゲートを駆動するタイミングが得られることになる。

従って、基準となる電流レベルを小さく設定することで、同期整流用MOSFETに電流が流れる期間の殆どでゲート電圧を印加することが可能となり、図18に示した従来技術よりも導通損失を低減することが可能になる。

#### 【0011】

請求項3の発明では、前記第1の基準電圧として、第2の電流供給手段により電流が供給される第2のダイオードの順電圧降下を用いることにより、第1のダイオードの温度－順電圧特性を補償し、電流検出精度を高めることができる。

また、請求項4に記載するように、第1のダイオード及び第2のダイオードの順方向温度特性（温度に対する順方向電流－電圧特性）をほぼ同一とすることで、更に電流検出精度を高めることができる。

#### 【0012】

請求項5の発明では、前記抵抗の両端電圧と第1の基準電圧との差がある値以下となったときにMOSFETに対するゲート電圧が発生しないようにする。

すなわち、同期整流用MOSFETに流れる負の電流が減少し、この電流がしきい値レベルを越えると、同期整流用MOSFETのゲートをオフすることになる。このとき、同期整流用MOSFETのボディダイオードに電流が流れることになり、順電圧降下が増加すると第1の電圧比較手段は電流が増加したと判断し、同期整流用MOSFETのゲートを再度、オンすることになる。その結果、オン・オフを繰り返し、MOSFETの駆動損失が増大する。

このため、MOSFETのゲートを一旦、オフしたら、同期整流用MOSFETがオフ状態になるまでゲートを駆動しないようにすることで、駆動損失の増大を抑制することが可能である。

【 0 0 1 3 】

請求項 6 の発明では、MOSFET のドレインと第 1 のダイオードのカソードとの間に過飽和リアクトルを接続する。

これにより、同期整流用 MOSFET のボディダイオードに流れる電流が逆回復する際の逆回復損失を低減すると共に、万が一、同期整流用 MOSFET の制御回路の遅延により、ゲートがオフする前に、同期整流用 MOSFET のドレインに流れる負の電流が零クロスしてドレインの正方向に大きく電流が流れてからターンオフしてしまうような場合には、電流の零クロス後に電流の増加率が低く抑えられ、ターンオフ損失を低減することができる。

【 0 0 1 4 】

請求項 7 の発明では、上記制御回路を IC チップ化して MOSFET のチップ上に実装することで、装置の部品点数の削減や部品実装面積の低減による装置の小形化を図ることができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 8 または 9 の発明では、同期整流用 MOSFET チップの周囲に過飽和特性を有する磁性体を配置することで、請求項 6 と同様な効果を得ることができる。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。

まず、図 1 は本発明の各実施形態が適用される同期整流回路を示す回路図である。この同期整流回路では、2 つの同期整流用 MOSFET 1 1 0, 1 1 1 の各電極（ゲート、ソース、ドレイン）間に、本発明に係る制御回路 1 1 2 が接続されている。なお、図 1 8 の従来技術と同一機能のものには同一記号を付してその説明を省略する。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、本発明の第 1 実施形態に係る制御回路 1 1 2 a の回路図である。

図 2 において、第 1 のダイオード 1 は MOSFET 1 1 0 (1 1 1) がオフ状態のときに制御回路 1 1 2 a 内部の信号系に高電位が印加されるのを防ぐブロッ

キングダイオードである。このダイオード1のアノードは第1の電流供給手段2に接続され、カソードはMOSFET110(111)のドレインに接続されている。

【0018】

電流供給手段2は、ダイオード1及び抵抗3に電流を供給する電流源、または電源と抵抗とからなる直列回路等によって構成される。

第1の電圧比較手段5は、電流検出手段2に接続された抵抗3の両端電圧 $V_1$ と第1の基準電源4による第1の基準電圧 $V_{ref1}$ との大小を比較してMOSFET110(111)のゲート信号を生成するものである。また、ゲート駆動手段6は、電圧比較手段5により生成されたゲート信号を増幅し、これをMOSFET110(111)のゲートに加えて駆動するためのものである。

なお、図2において、 $V_{comp1}$ は電圧比較手段5の出力電圧、 $V_{GS}$ はMOSFET110(111)のゲート・ソース間電圧、 $V_{DS}$ はMOSFET110(111)のドレイン・ソース間電圧、 $V_{F1}$ はダイオード1の両端電圧、 $I_F$ は順電流(負のドレイン電流 $I_D$ )である。

【0019】

次に、図3のタイミングチャートを参照して図2の回路の動作を説明する。

ここでは、図1のMOSFET110に電流が流れている状態で、MOSFET102がターンオフすることによりMOSFET110に流れていた電流がMOSFET111に転流し、再度MOSFET102がターンオンすることによりMOSFET111に流れていた電流がMOSFET110に転流するまでの動作を、期間①～⑦に分けて説明する。

なお、図3はすべてMOSFET111側の各部の電圧、電流波形である。

【0020】

・期間①

MOSFET110がオン状態である。MOSFET111はオフ状態であり、ダイオード1は逆電圧が印加されてオフしている。抵抗3の両端電圧 $V_1$ は、図示しない電流供給手段2の電源電圧となっている。このとき、MOSFET111側の電圧比較手段5の出力電圧 $V_{comp1}$ はLowレベルとなり、MOSF

ET111のゲート・ソース間電圧 $V_{GS}$ はLowレベルとなっている。

【0021】

・ 期間②

MOSFET102がターンオフすると、MOSFET110がオフしてそのドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ が上昇することにより、MOSFET111のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ は零まで下降する。

【0022】

・ 期間③

MOSFET111のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ が零になると、MOSFET111のボディダイオードが導通し、順電流 $I_F$ が流れ始める。また、ダイオード1が導通して、抵抗3の両端電圧 $V_1$ が下降し始める。

【0023】

・ 期間④

抵抗3の両端電圧 $V_1$ が基準電圧 $V_{ref1}$ を下回ると電圧比較手段5の出力 $V_{comp1}$ がHighレベル、MOSFET111のゲート・ソース間電圧 $V_{GS}$ もHighレベルとなり、MOSFET111は抵抗性を示すようになって導通損失が低減する。なお、MOSFETのオン電圧 $V_{on}$ は、順電流 $I_F$ とオン抵抗 $R_{on}$ との積で決まる電圧値となる。

【0024】

・ 期間⑤

MOSFET102が再度ターンオンすると、MOSFET111に流れていた電流がトランス103の発生電圧 $V_{S1}$ と図示しない配線インダクタンス $L_s$ とによって決まる電流減少率 $(-di/dt = V_{S1}/L_s)$ で減少し始める。

このとき、MOSFET111のドレイン・ソース間の寄生インダクタンスに電圧が発生し、ドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ が負から正に切り替わり、ダイオード1には逆電圧が印加されてオフする。

従って、抵抗3の両端電圧 $V_1$ が上昇し始める。

【0025】

・ 期間⑥

抵抗 3 の両端電圧  $V_1$  が基準電圧  $V_{ref1}$  を上回ると、電圧比較手段 5 の出力  $V_{comp1}$  が Low レベル、MOSFET 111 のゲート・ソース間電圧  $V_{GS}$  も Low レベルとなり、MOSFET 111 はボディダイオードの特性に切り替わる。

【0026】

・期間⑦

MOSFET 111 はボディダイオードが逆回復して阻止状態となり、ドレイン・ソース間電圧  $V_{DS}$  がトランス 103 の発生電圧  $V_{S1}$  まで上昇する。

【0027】

以後、期間①から期間⑦の動作を繰り返す。

これにより、MOSFET 111 に電流  $I_F$  が流れる期間の大部分である期間④、⑤にわたって MOSFET 111 にゲート電圧を印加することができ、導通損失の低減を図ることができる。

【0028】

図 4 に、本発明の第 2 実施形態を示す。なお、図 2 の第 1 実施形態と同一機能のものは同一記号を付してその説明を省略する。

図 4 に示す制御回路 112b では、図 2 における基準電源 4 を第 2 のダイオード 8 に置き換え、このダイオード 8 に第 2 の電流供給手段 7 から電流を流したときのダイオード 8 の順電圧降下を第 1 の基準電圧  $V_{ref1}$  として利用するものである。

【0029】

ダイオードの順方向電流－電圧特性は、図 5 に示すようにジャンクション温度  $T_j$  によって変化する。一般的には、ジャンクション温度  $T_j$  が高くなるほど、同一の順電流 ( $I_{F1}$ ) に対する順電圧は小さくなる ( $V_{Fh} < V_{Fc}$ )。

従って、図 2 のように電圧比較手段 5 の基準電圧  $V_{ref1}$  を一定とした場合、温度が変化するとダイオード 1 の順電圧が変化するので、基準電圧  $V_{ref1}$  と比較される抵抗 3 の両端電圧  $V_1$  も温度によって変化することになる。

【0030】

図 6 に、温度が変化した場合の動作を説明するタイミングチャートを示す。図

6のタイミングチャートは、軽負荷時等で図1の平滑リアクトル106の電流が断続する場合の様子を示している。なお、図6では、温度が低いときの理想動作を実線で示し、温度が高いときの動作を破線で示してある。

## 【0031】

この実施形態では、MOSFETに負のドレイン電流が流れる期間でゲート電圧を与えることになり、温度が高くなってダイオード1の順電圧が小さくなると、抵抗3の両端電圧 $V_1$ は破線のように小さくなる。従って、MOSFETに流れるドレイン電流が正に零クロスする貫通電流（図6の $I_F$ における破線部分）が発生しても、 $V_1$ が基準電圧 $V_{ref1}$ を上回るまでMOSFETにゲート電圧を与え続けることになる。そして、MOSFETのゲートがオフするとMOSFETは貫通電流をターンオフすることになり、ターンオフ損失が発生して効率が低下する。また、大きなサージ電圧が発生して、ノイズが増加する等の問題を生じる。

## 【0032】

このような問題を防ぐため、図4のような回路構成とすることにより、温度上昇によって低下する電圧 $V_1$ と共にダイオード8の基準電圧 $V_{ref1}$ も低下するため、電圧 $V_1$ と基準電圧 $V_{ref1}$ との相対的な大小関係は余り変わらなくなり、結果的に貫通電流の発生を小さく抑えることができる。特に、第1、第2のダイオード1、8の順方向温度特性をほぼ等しくすれば、貫通電流の発生をほぼ完全に抑制することができる。

## 【0033】

図7に、上記第2実施形態の変形例を示す。この変形例に係る制御回路112cでは、ダイオード8の順電圧降下を一旦、ボルテージバッファ9を介して電圧比較手段5の入力端子に加えるように構成されている。なお、動作については、図4の回路と同様であるため、説明を省略する。

## 【0034】

図8に、本発明の第3実施形態を示す。なお、図2の第1実施形態と同一機能のものは同一記号を付してその説明を省略する。

図8において、制御回路112aの構成は図2と同一であるが、図8の実施形

態では、図 2 の回路の MOSFET 1 1 0 ( 1 1 1 ) のドレインとダイオード 1 のカソードとの間に過飽和リアクトル 1 0 が接続されている。この過飽和リアクトル 1 0 は、図 4 や図 7 の回路において同様に接続してもよい。

【 0 0 3 5 】

図 9、図 1 0 は、過飽和リアクトル 1 0 を接続したときの効果を説明するタイミングチャートである。

図 9 は、制御回路 1 1 2 a の遅延時間により、ゲート電圧が MOSFET に流れる電流が零クロスした後の時刻  $T_2$  から Low レベルになって MOSFET がオフしたため、MOSFET に斜線で示すように貫通電流が流れる動作を示している。

【 0 0 3 6 】

一方、図 1 0 は、図 8 の第 3 実施形態の如く過飽和リアクトル 1 0 を接続したときの動作である。

過飽和リアクトル 1 0 は、MOSFET 1 1 0 ( 1 1 1 ) に正方向の電流 ( $I_F > 0$ ) が流れると飽和し、インダクタンス値がほぼ零となる。次に電流が減少して零クロスする際に飽和がリセットされ、インダクタンス値が増大する。このとき、MOSFET に流れる電流は、過飽和リアクトル 1 0 のインダクタンス値の増加により電流の変化が急激に小さくなる。従って、図 8 のように MOSFET 1 1 0 ( 1 1 1 ) のドレインとダイオード 1 のカソードとの間に過飽和リアクトル 1 0 を接続することにより、MOSFET 1 1 0 ( 1 1 1 ) のゲート電圧のオフが多少遅れたとしても、貫通電流を小さく抑制することができる。

【 0 0 3 7 】

図 1 1 に、本発明の第 4 実施形態を示す。なお、図 2 の第 1 実施形態と同一機能のものは同一記号を付してその説明を省略する。

図 1 1 に示す制御回路 1 1 2 d において、1 1 は第 2 の基準電源 ( 第 2 の基準電圧  $V_{ref2}$  )、1 2 は第 2 の基準電圧  $V_{ref2}$  と抵抗 3 の両端電圧  $V_1$  とが入力される第 2 の電圧比較手段、1 3 は第 2 の電圧比較手段 1 2 の出力が加えられる遅延回路、1 4 は第 1 の電圧比較手段 5 の出力  $V_{comp1}$  と遅延回路 1 3 の出力とが加えられる OR 回路、1 5 は OR 回路 1 4 の出力と第 2 の電圧比較

手段 1 2 の出力とがそれぞれセット信号、リセット信号として加えられる RS フリップフリップ回路、1 6 は RS フリップフリップ回路の出力と第 1 の電圧比較手段 5 の出力とが加えられる AND 回路であり、この AND 回路 1 6 の出力がゲート駆動手段 6 に入力されている。

## 【 0 0 3 8 】

図 1 2 に、軽負荷時等の場合に MOSFET のゲート電圧  $V_{GS}$  が印加された状態から順電流  $I_F$  が徐々に減少して、抵抗 3 の両端電圧  $V_1$  が第 1 の基準電圧  $V_{ref1}$  付近で動作するときのタイミングチャートを示す。

抵抗 3 の両端電圧  $V_1$  が第 1 の基準電圧  $V_{ref1}$  を上回ると、第 1 の電圧比較手段 5 の出力は Low レベルとなり、MOSFET のゲート電圧が Low レベルとなって MOSFET のドレイン・ソース間電圧  $V_{DS}$  はボディダイオードの順電圧となり、大きくなる。このとき、抵抗 3 の両端電圧  $V_1$  が第 1 の基準電圧  $V_{ref1}$  を下回ってしまうと、再度 MOSFET のゲート電圧が High レベルとなり、MOSFET のドレイン・ソース間電圧  $V_{DS}$  はオン抵抗  $R_{on}$  と順電流  $I_F$  との積で決まる電圧降下  $V_{on}$  となって小さくなる。

この動作を繰り返すと、図 1 2 に示すように MOSFET のゲートが高周波でオン・オフすることになり、駆動損失が増大して装置効率が低下する。

## 【 0 0 3 9 】

図 1 1 に示した第 4 実施形態では、上述の如く MOSFET のゲートが高周波でオン・オフするのを防ぐため、抵抗 3 の両端電圧  $V_1$  が第 1 の基準電圧  $V_{ref1}$  を一旦上回ると、 $V_1$  が第 2 の基準電圧  $V_{ref2}$  に上昇するまでゲート電圧を発生させないようにした。図 1 3 に、このときの動作を説明するためのタイミングチャートを示す。

## 【 0 0 4 0 】

図 1 1 における RS フリップフロップ回路 1 5 は、第 1 の電圧比較手段 5 の出力  $V_{comp1}$  の立下りのタイミングでセットされ、第 2 の電圧比較手段 1 2 の出力  $V_{comp2}$  の立下りのタイミングでリセットされる。

図 1 3 において、抵抗 3 の両端電圧  $V_1$  が第 1 の基準電圧  $V_{ref1}$  を下回る期間で、RS フリップフロップ回路 1 5 がセットされないように、第 2 の電圧比



較手段 1 2 の出力  $V_{comp2}$  を遅延回路 1 3 により遅延させた信号と、第 1 の電圧比較手段 5 の出力  $V_{comp1}$  とを OR 回路 1 4 に入力し、OR 回路 1 4 の出力を RS フリップフロップ回路 1 5 のセット信号としている。

## 【 0 0 4 1 】

また、RS フリップフロップ回路 1 5 の出力信号と第 1 の電圧比較手段 5 の出力  $V_{comp1}$  とを AND 回路 1 6 に入力し、AND 回路 1 6 の出力信号を新たにゲート駆動信号とすることにより、抵抗 3 の両端電圧  $V_1$  が一旦、第 1 の基準電圧  $V_{ref1}$  を上回った場合には、前記電圧  $V_1$  が第 2 の基準電圧  $V_{ref2}$  を上回るまで、ゲート信号を発生させない状態で保持されることになる。従って、ゲート信号が高周波でオン・オフしてゲート駆動電力が増大するのを防ぐことができる。

## 【 0 0 4 2 】

なお、図 1 1 の回路では第 1 の基準電圧  $V_{ref1}$  を一定電圧としているが、図 4 や図 7 のようにダイオード 8 の順電圧降下を利用して第 1 の基準電圧  $V_{ref1}$  を温度によって可変にしても良い。

## 【 0 0 4 3 】

図 1 4 に、本発明の第 5 実施形態を示す。

図 1 4 は、本発明の制御回路 1 1 2 ( 1 1 2 a ~ 1 1 2 d ) を IC チップ化し、MOSFET 1 1 0 ( 1 1 1 ) のチップ上に実装した図である。なお、1 8 はプリント配線パターン、1 9 はワイヤを示している。

MOSFET のゲートは制御回路 1 1 2 ( 1 1 2 a ~ 1 1 2 d ) のゲート駆動手段 6 の出力端子と接続し、MOSFET のソースを制御回路 1 1 2 ( 1 1 2 a ~ 1 1 2 d ) のグランドと接続し、MOSFET のドレインにダイオード 1 のカソードを接続し、制御回路 1 1 2 ( 1 1 2 a ~ 1 1 2 d ) の電源入力を引き出す端子を設けることで、従来から使用されている TO 2 2 0 や TO 3 P 等の標準パッケージを用いた 3 端子の複合デバイスとすることができ、部品点数の削減による装置の小形化を図ることができる。

## 【 0 0 4 4 】

図 1 5 に、本発明の第 6 実施形態を示す。

この実施形態は、M O S F E T 1 1 0 ( 1 1 1 ) のチップの周囲に、過飽和特性を有する磁性体 1 7 を配置したものである。この実施形態の動作は図 8 に示した第 3 実施形態と同様であるため、説明を省略する。

このように過飽和特性を有する磁性体 1 7 を半導体パッケージ内に組み込むことにより、部品点数の削減が可能になる。

【 0 0 4 5 】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、同期整流用 M O S F E T に負の電流が流れる期間の殆どでゲートに電圧を印加できるため、整流損失を小さく抑制でき、装置効率を向上させると共に、冷却能力の低減による冷却装置の小型化によって装置全体の小型軽量化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の各実施形態が適用される同期整流回路を示す回路図である。

【図 2】

本発明の第 1 実施形態を示す回路図である。

【図 3】

図 2 の回路の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【図 4】

本発明の第 2 実施形態を示す回路図である。

【図 5】

ダイオードの順方向温度特性を示す図である。

【図 6】

図 4 の回路の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【図 7】

本発明の第 2 実施形態の変形例を示す回路図である。

【図 8】

本発明の第 3 実施形態を示す回路図である。

【図 9】

図 8 の回路の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【図 1 0】

図 8 の回路の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【図 1 1】

本発明の第 4 実施形態を示す回路図である。

【図 1 2】

図 1 1 の回路の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【図 1 3】

図 1 1 の回路の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【図 1 4】

本発明の第 5 実施形態を示す構造図である。

【図 1 5】

本発明の第 6 実施形態を示す構造図である。

【図 1 6】

第 1 の従来技術を示す回路図である。

【図 1 7】

図 1 6 の回路の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【図 1 8】

第 2 の従来技術を示す回路図である。

【図 1 9】

図 1 8 の回路の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【符号の説明】

1 0 1 直流電源

1 0 2 M O S F E T

1 0 3 トランス

1 0 4 ダイオード

1 0 5 制御回路

1 0 6 平滑リアクトル

1 0 7 平滑コンデンサ

1 0 8, 1 0 9 整流ダイオード

1 1 0, 1 1 1 同期整流用 MOS F E T

1 1 2, 1 1 2 a, 1 1 2 b, 1 1 2 c, 1 1 2 d 同期整流用 MOS F E

T の制御回路

1 1 3, 1 1 4 ゲート抵抗

1, 8 ダイオード

2, 7 電流供給手段

3 抵抗

4, 1 1 基準電源

5, 1 2 電圧比較手段

6 ゲート駆動手段

9 ボルテージバッファ

1 0 過飽和リアクトル

1 3 遅延回路

1 4 O R 回路

1 5 R S フリップフロップ回路

1 6 A N D 回路

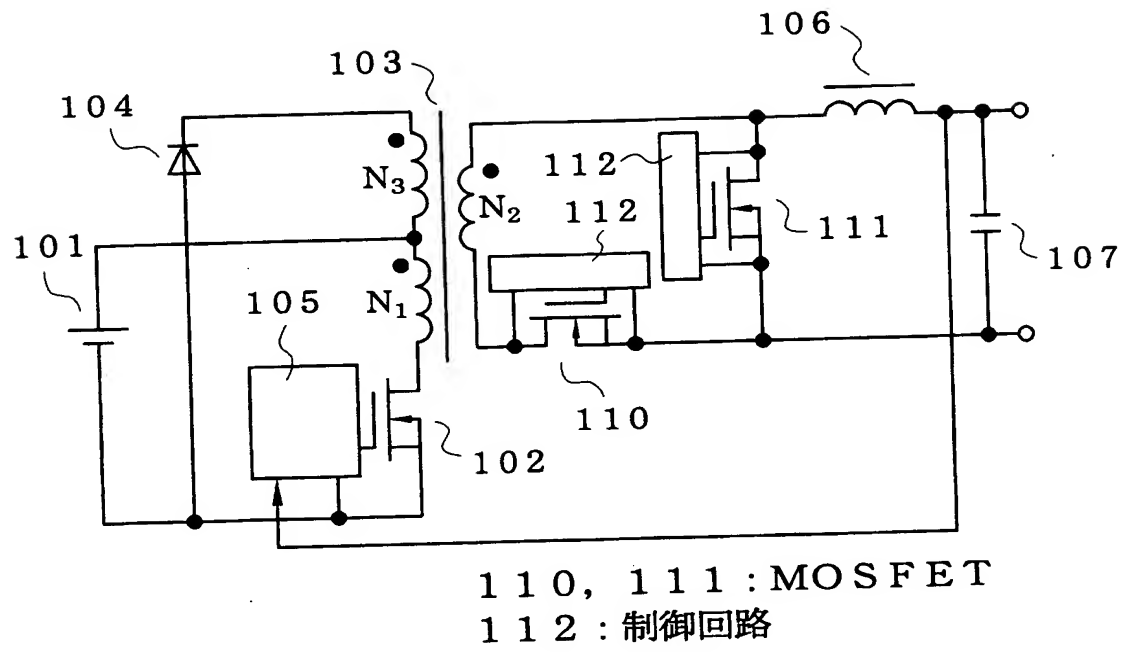
1 7 磁性体

1 8 配線パターン

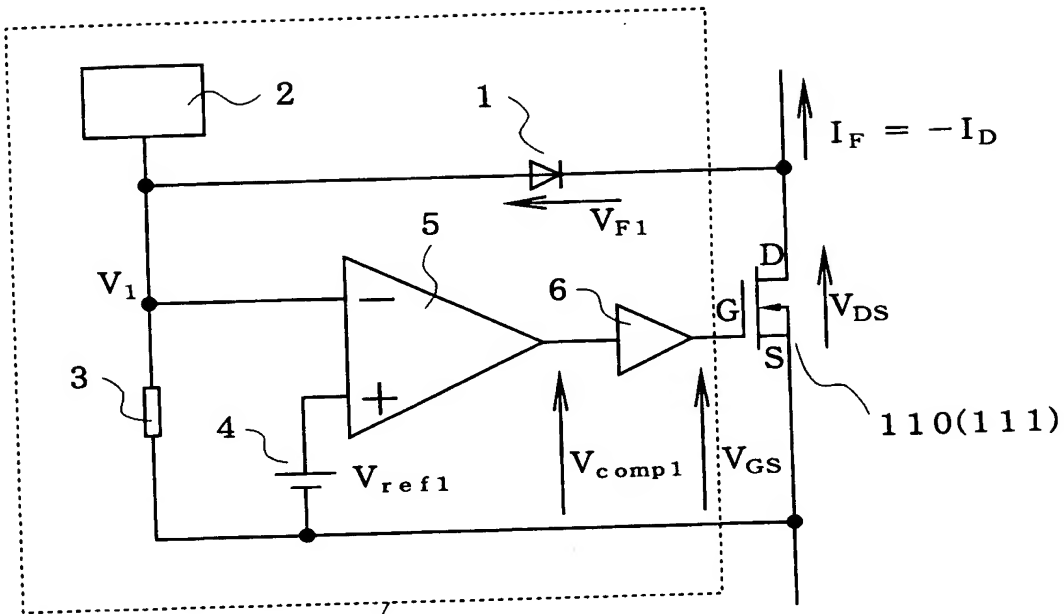
1 9 ワイヤ

【書類名】図面

【図 1】

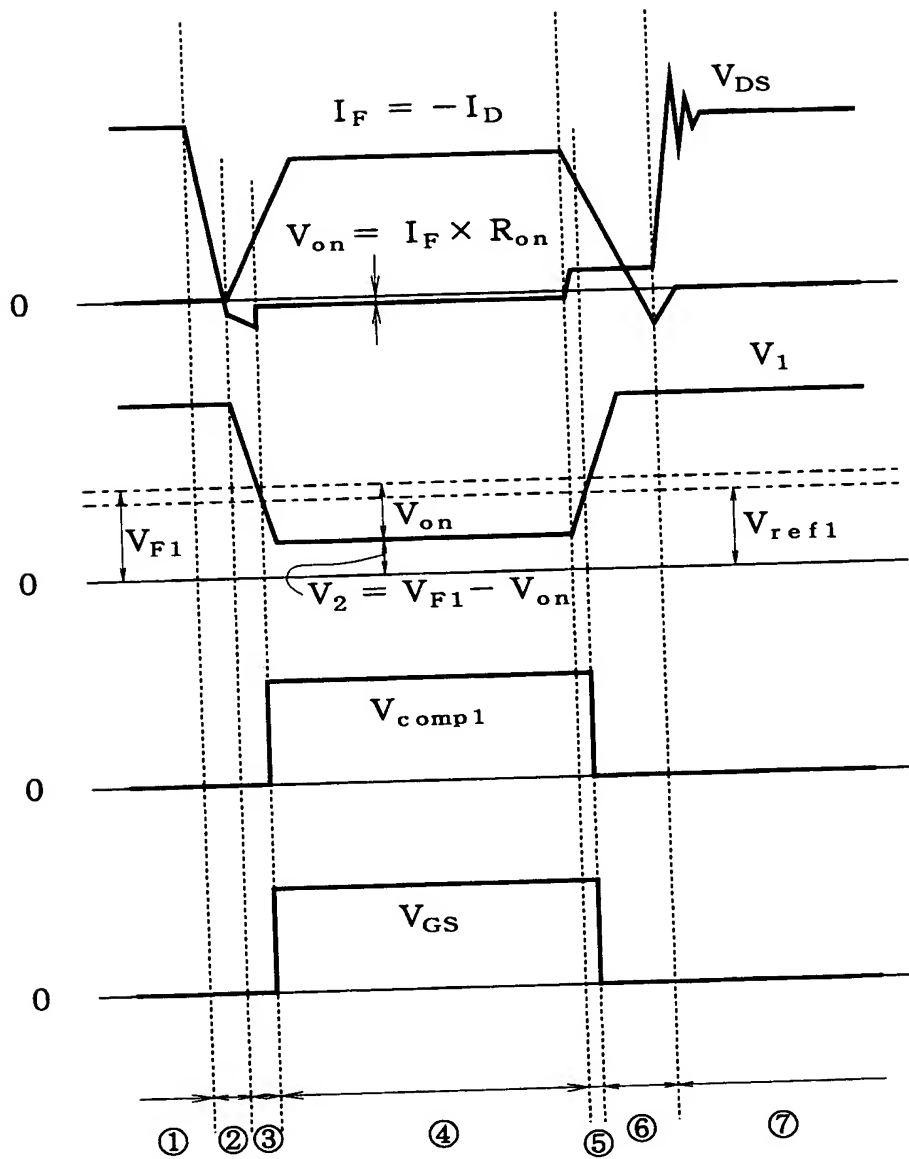


【図2】

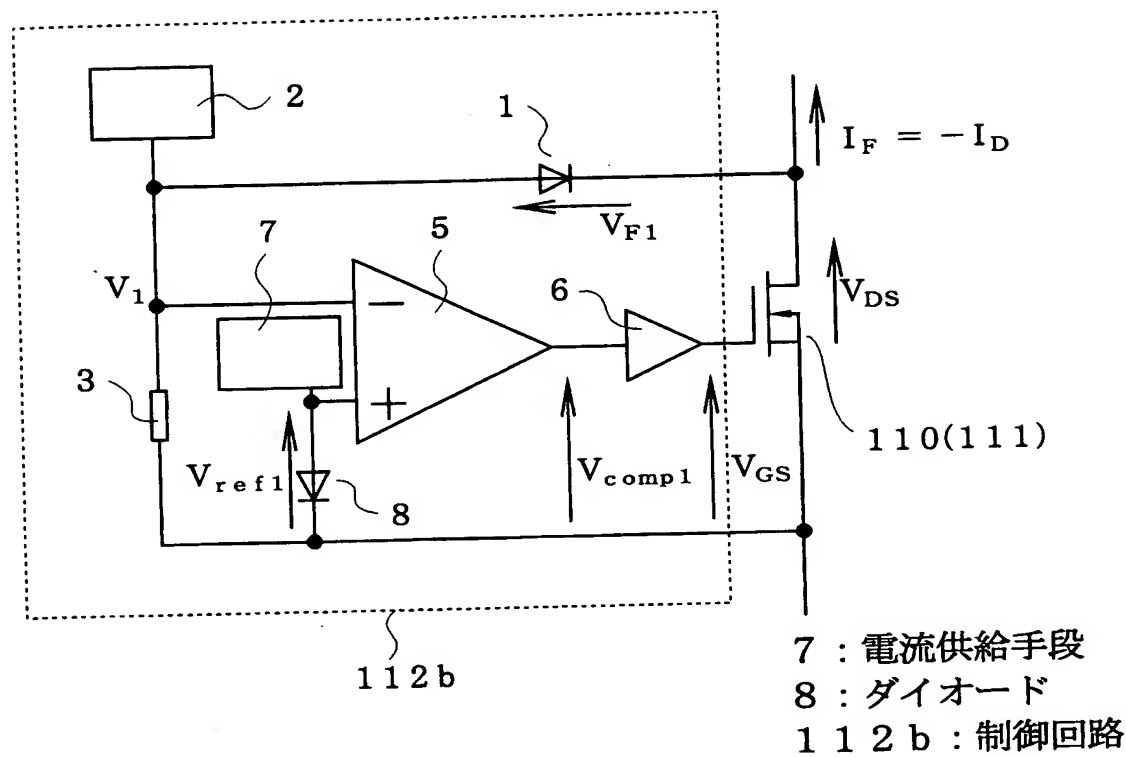


- 112a
- 1 : ダイオード
  - 2 : 電流供給手段
  - 3 : 抵抗
  - 4 : 基準電源
  - 5 : 電圧比較手段
  - 6 : ゲート駆動手段
  - 112a : 制御回路

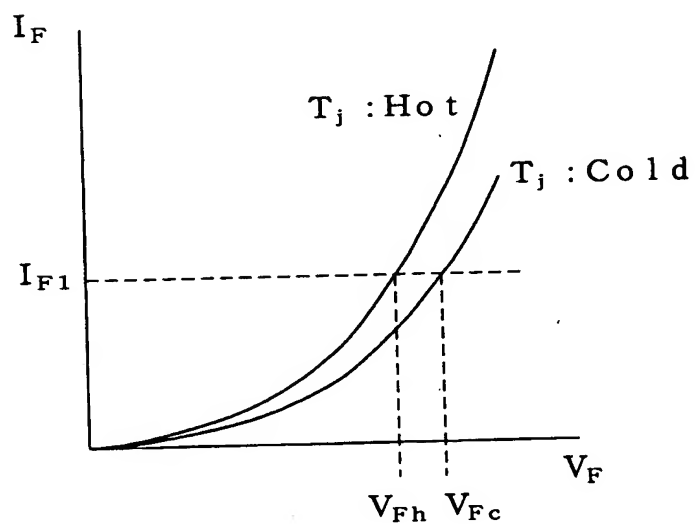
【図3】



【図 4】.

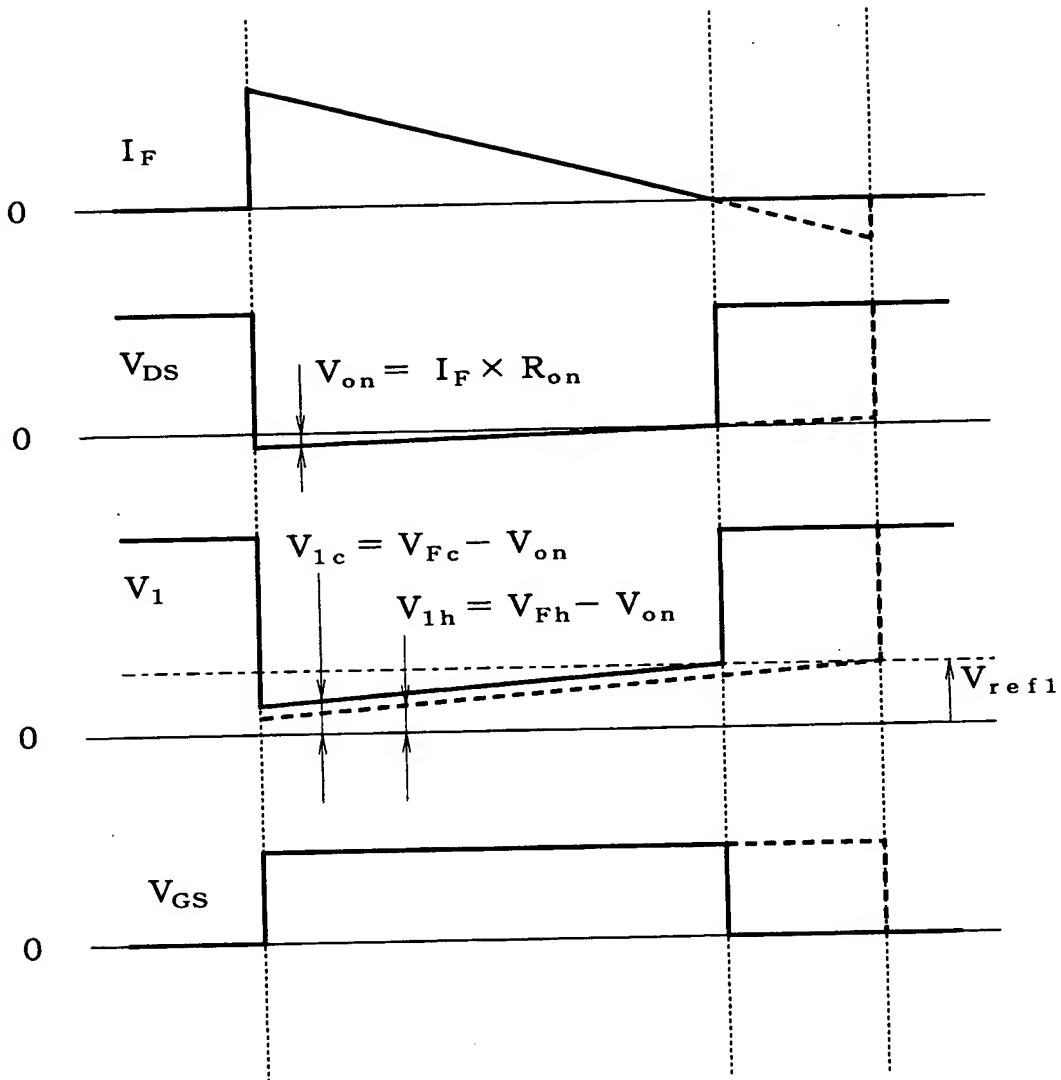


【图 5】

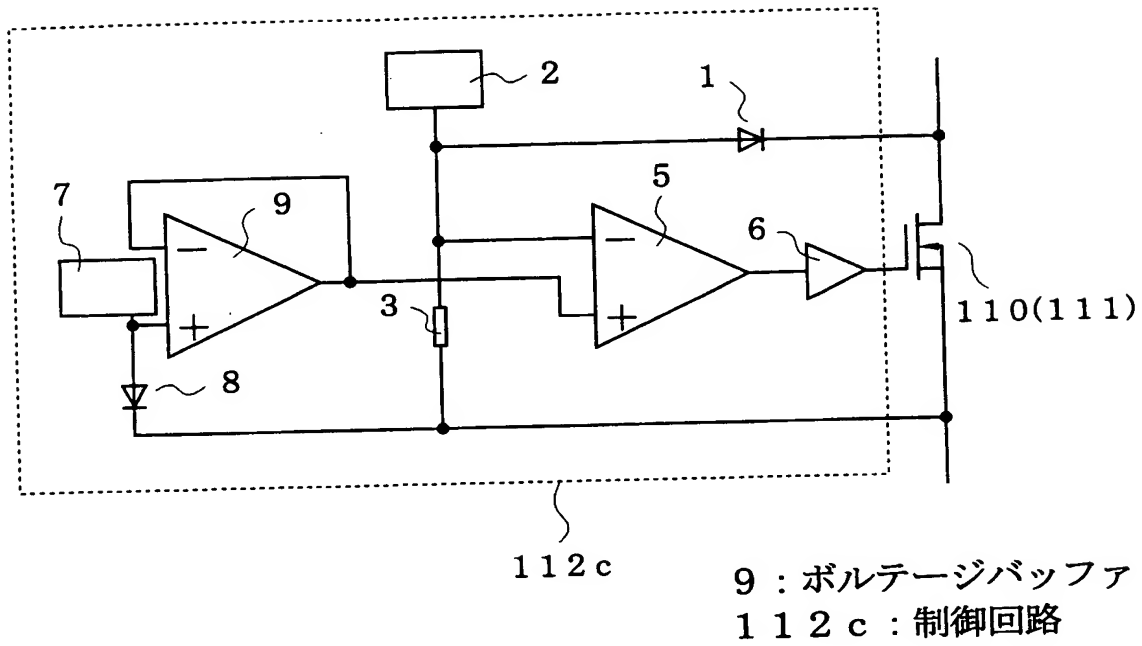




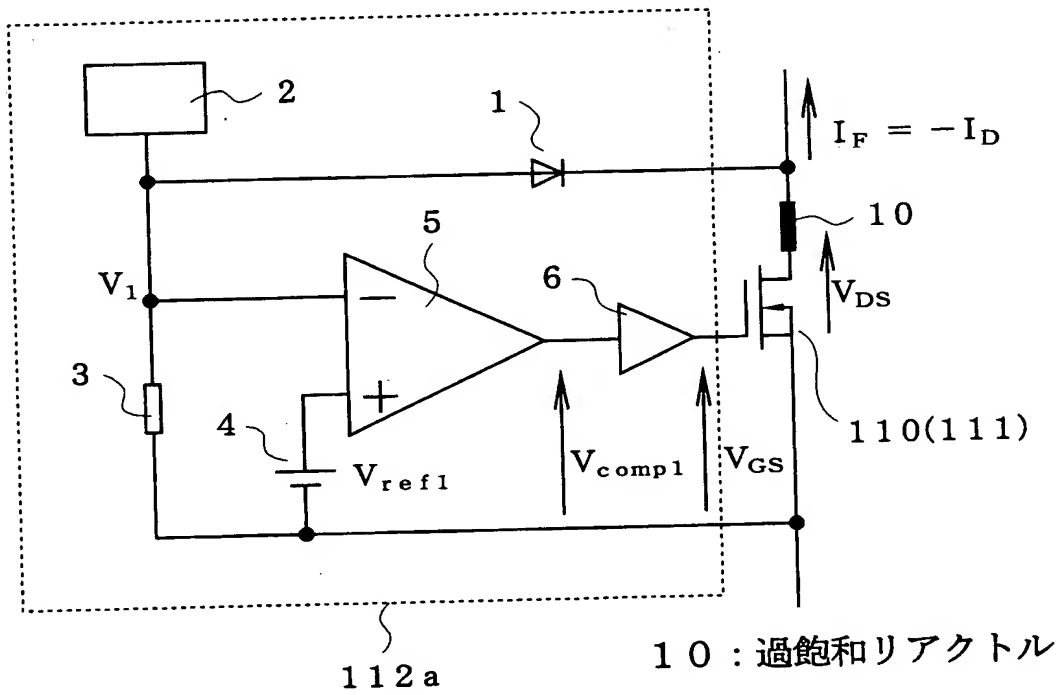
【図6】



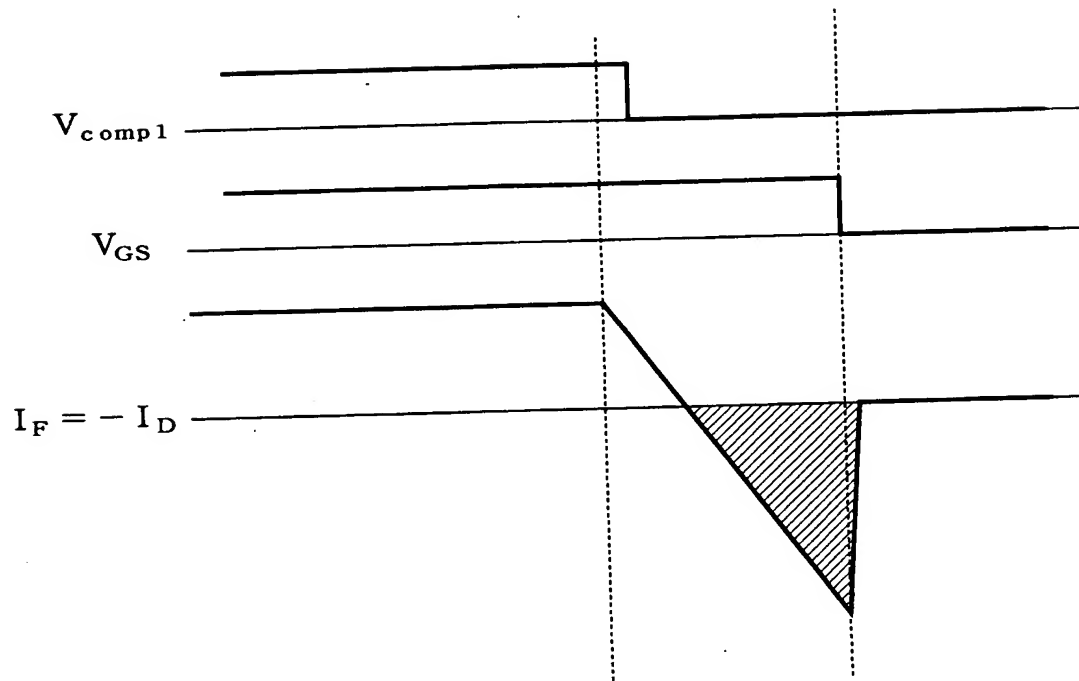
【図7】



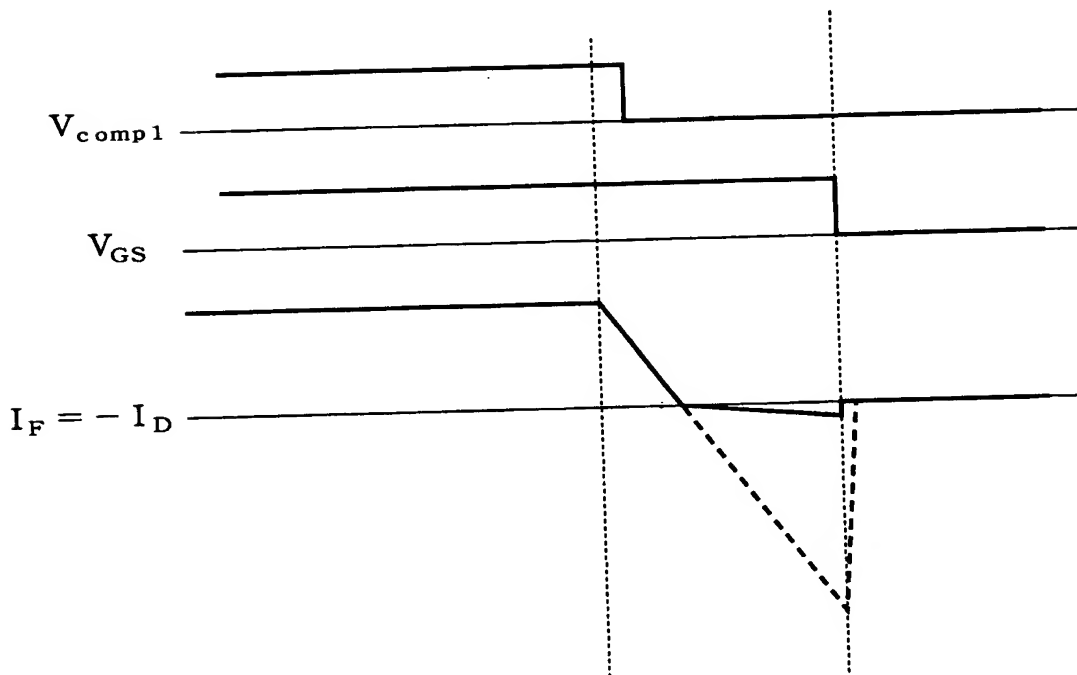
【図8】



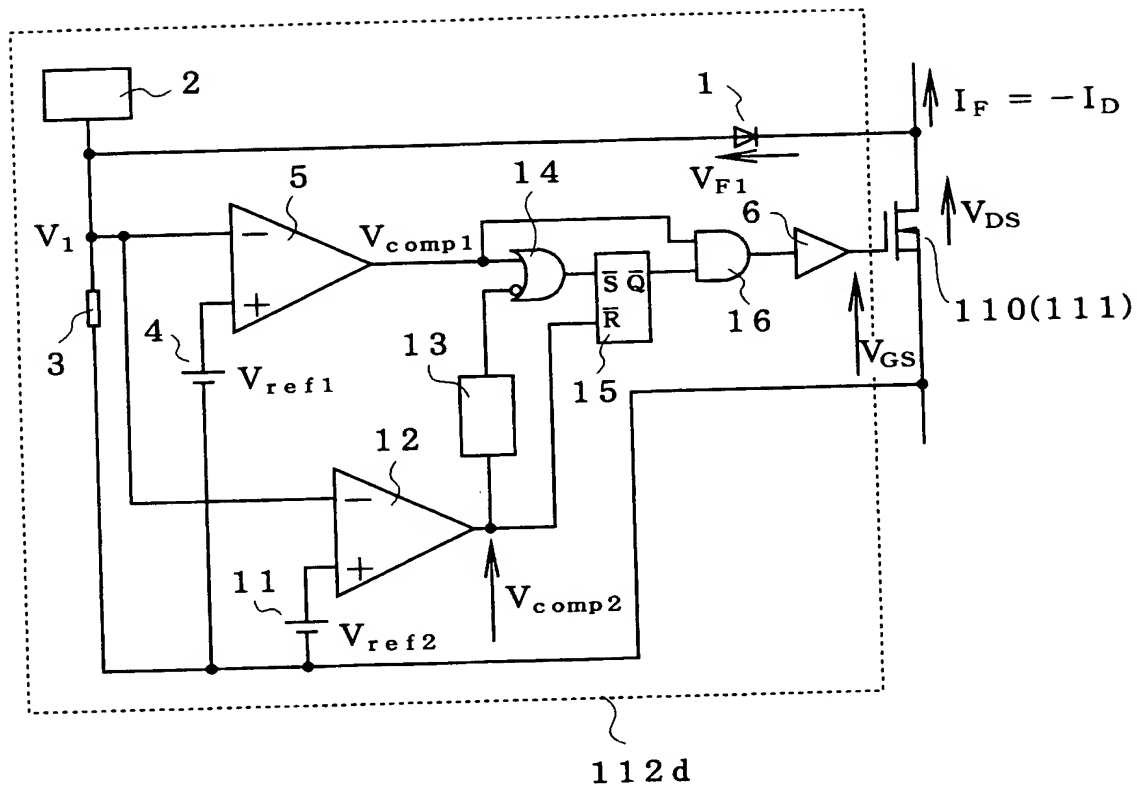
【図9】



【図10】

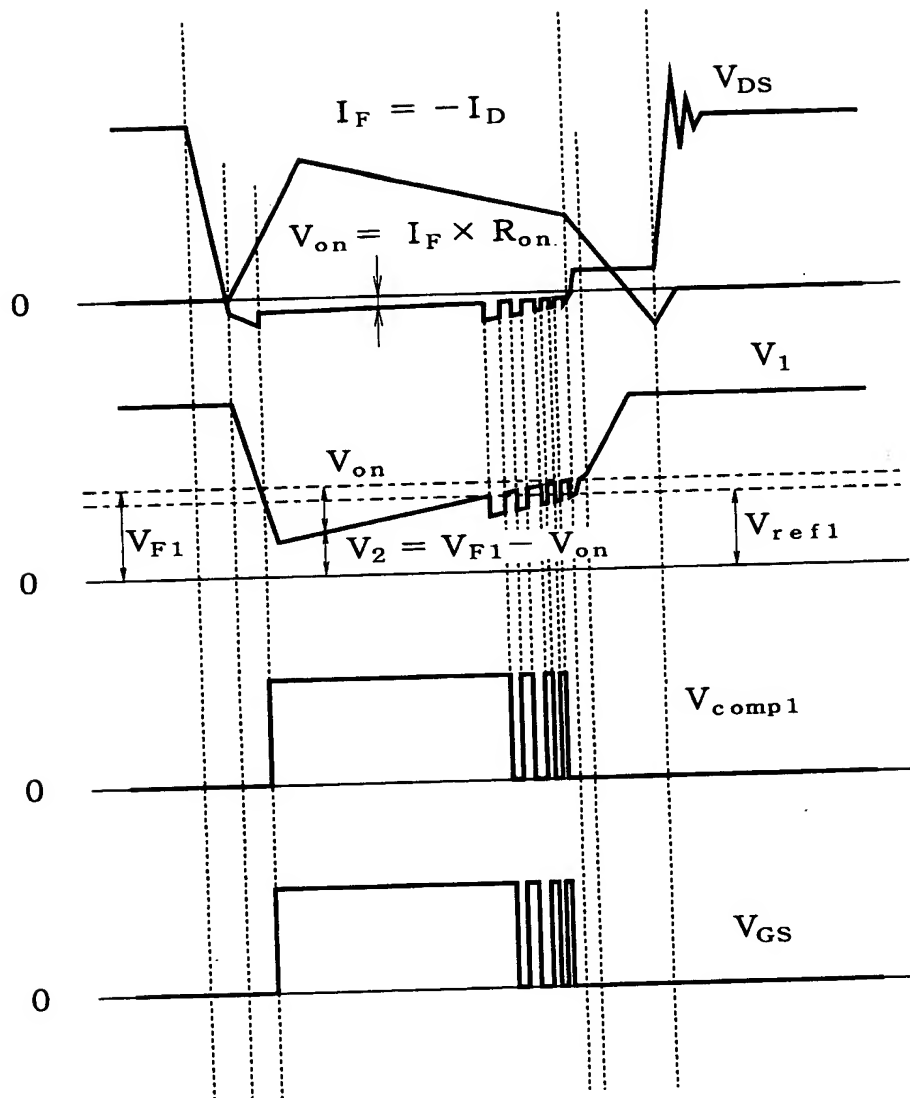


【図 11】

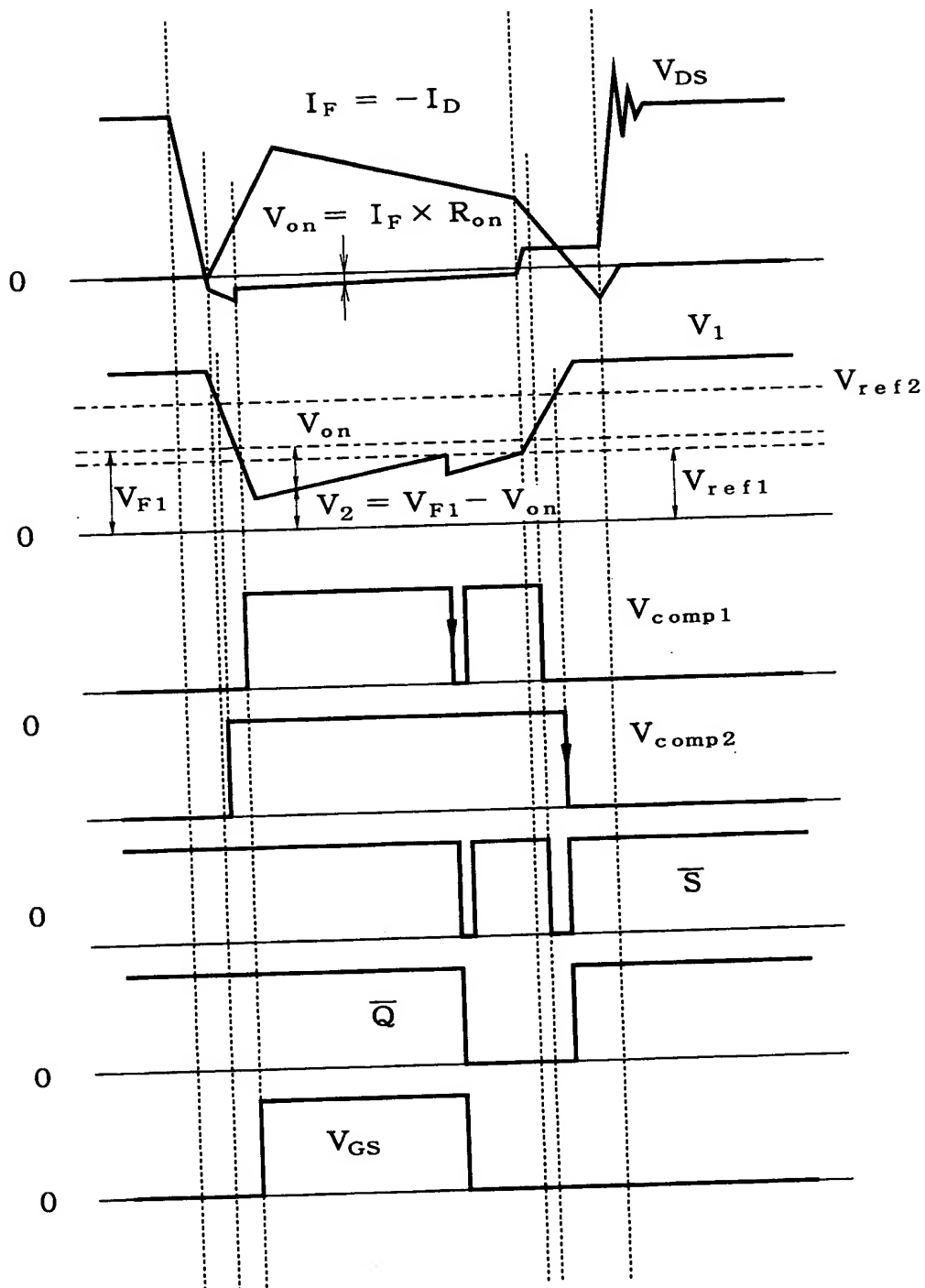


- 11 : 基準電源
- 12 : 電圧比較手段
- 13 : 遅延回路
- 14 : OR回路
- 15 : RSフリップフロップ
- 16 : AND回路
- 112d : 制御回路

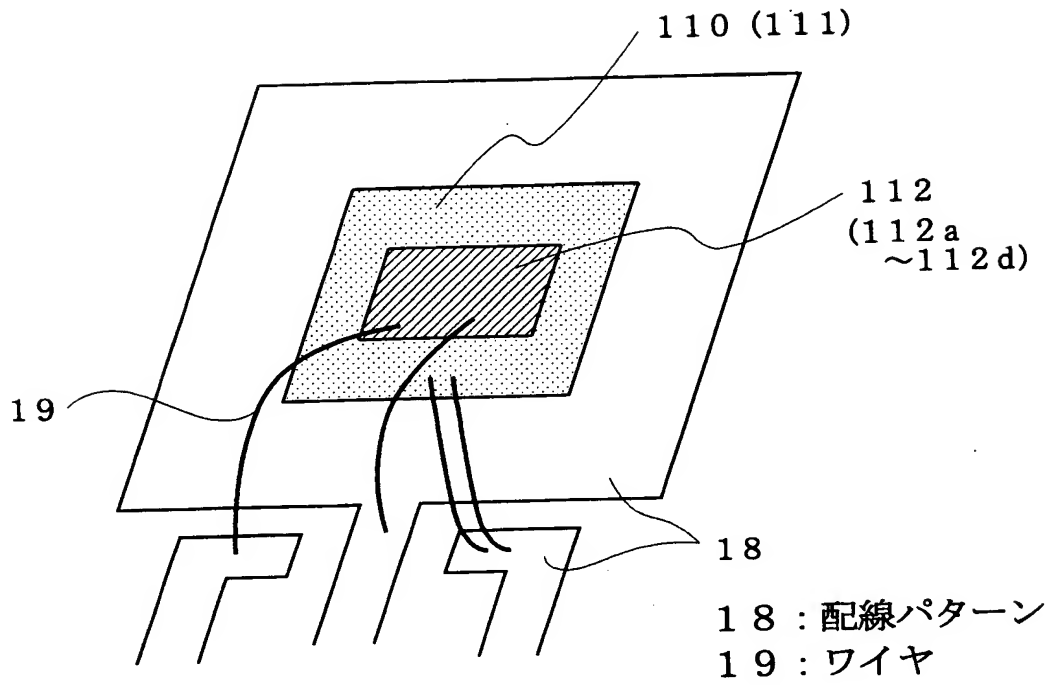
【図 12】



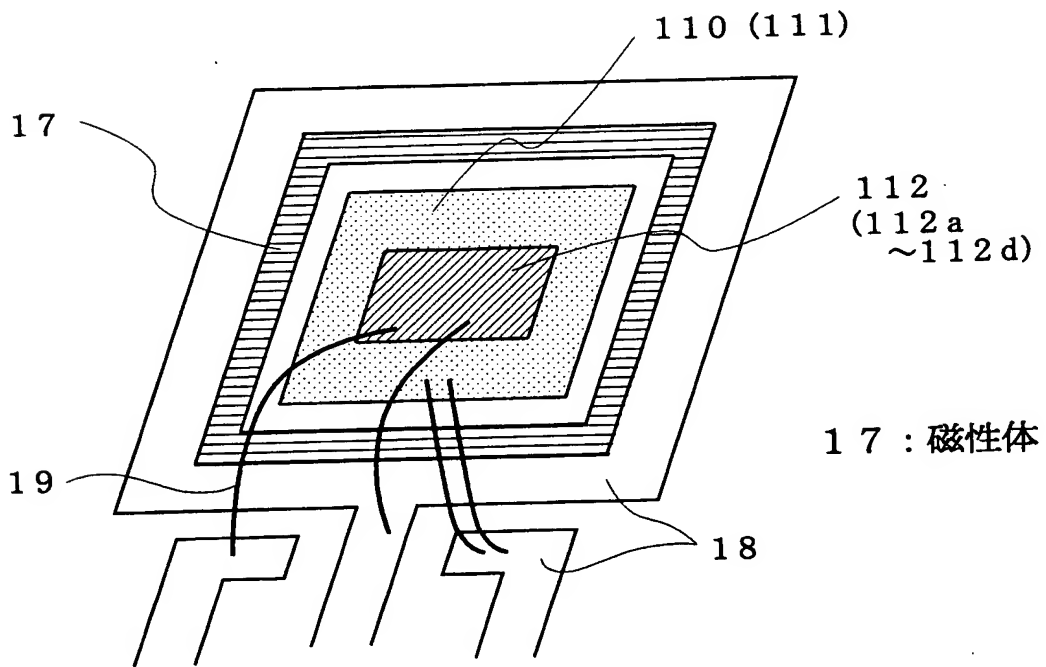
【図13】



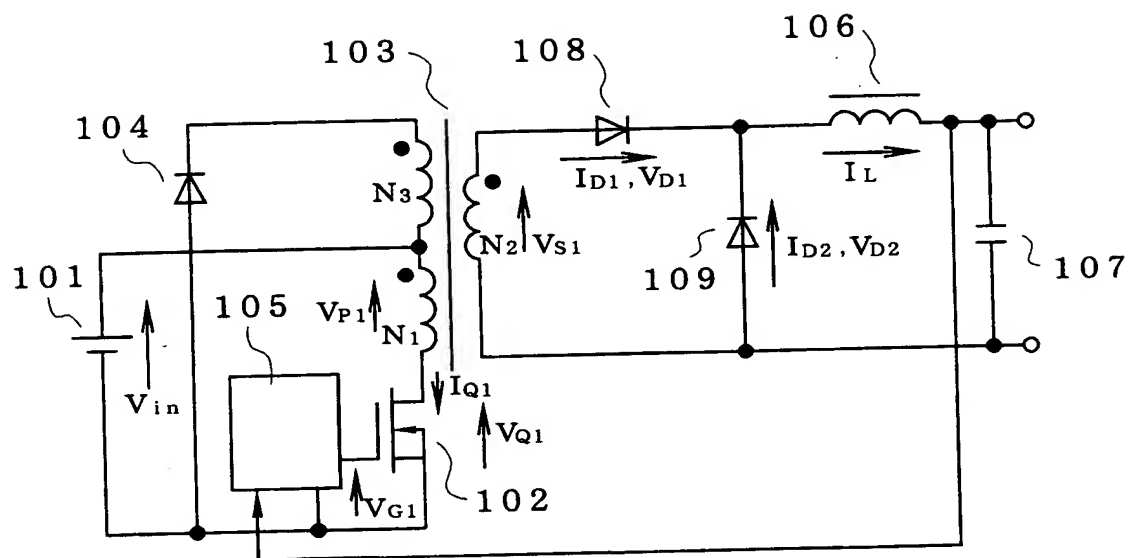
【図14】



【図15】

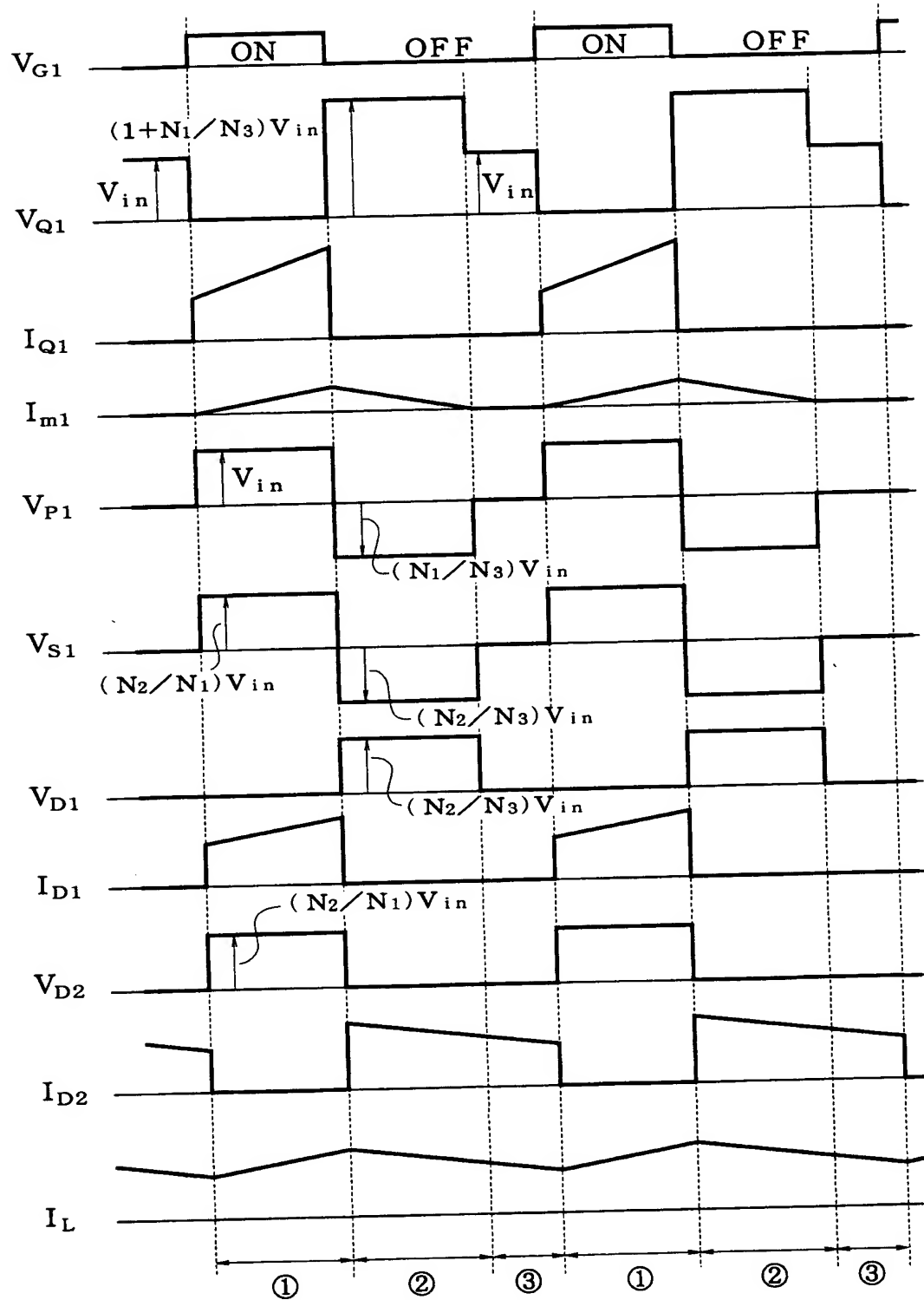


【図16】

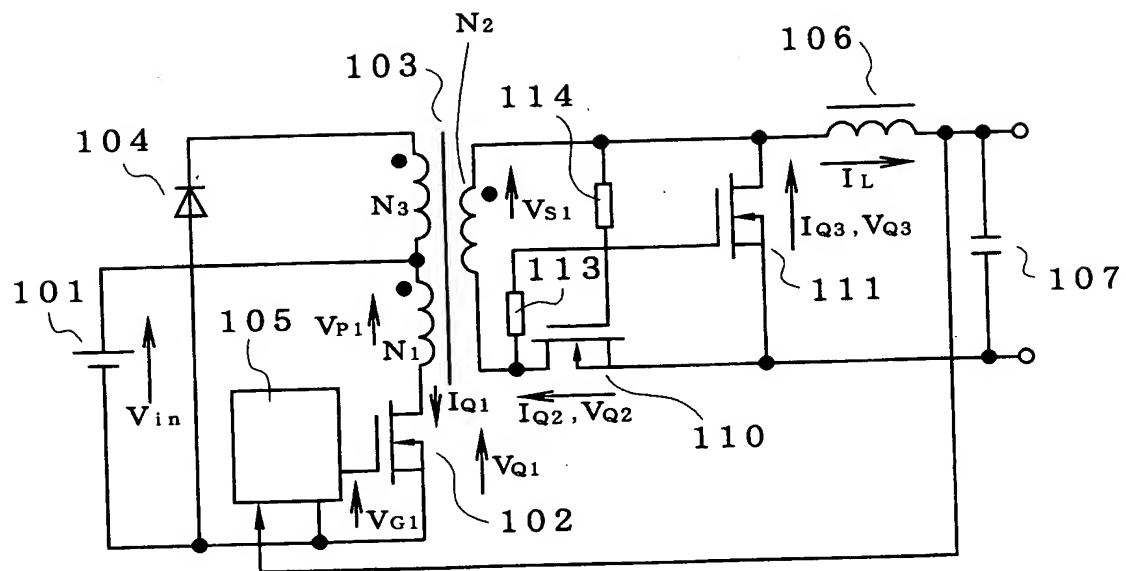




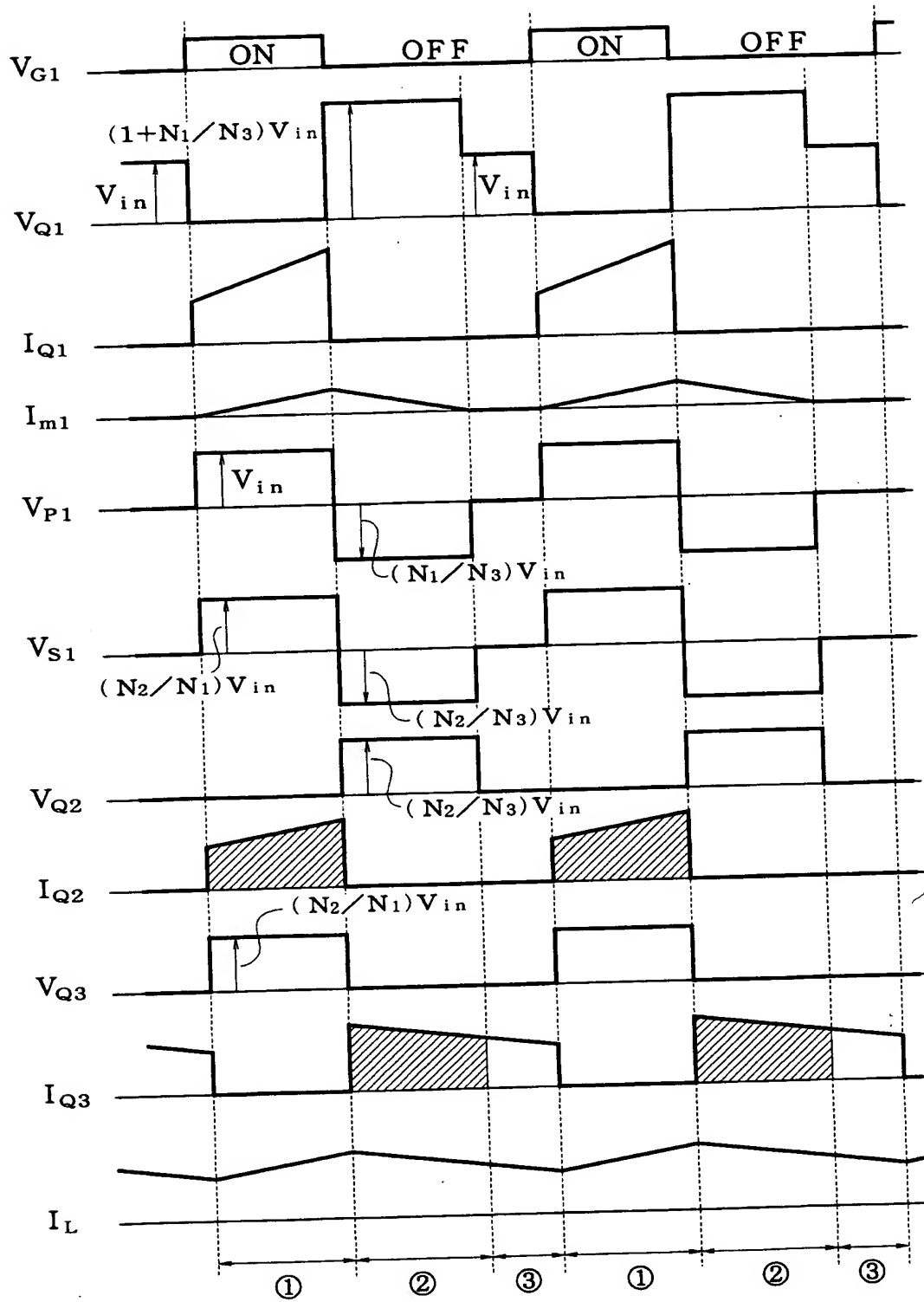
【図 17】



【図18】



【図19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 MOSFETに電流が流れる期間の殆どでゲート電圧をMOSFETに印加し、導通損失の低減効果を高め、装置効率の向上や小型軽量化を可能にする。

【解決手段】 同期整流用MOSFET110のドレインにダイオード1のカソードを接続し、そのアノードに電流供給手段2を接続すると共に、ダイオード1のアノードとMOSFET110のソースとの間に抵抗3を接続してその両端電圧を検出する。抵抗3の両端電圧はMOSFET110に電流が流れたときの電圧降下に従って変化するので、抵抗3の両端電圧と基準電圧 $V_{ref1}$ とを電圧比較手段5により比較し、その出力信号を増幅してゲート駆動手段6を介しMOSFET110のゲート電圧 $V_{GS}$ を得ることにより、MOSFET110に電流が流れる期間の殆どでゲート電圧をMOSFET110に印加する。

【選択図】 図2

特 2 0 0 2 - 1 8 7 8 1 8

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 1 8 7 8 1 8
受付番号	5 0 2 0 0 9 4 3 3 2 9
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 4 年 7 月 1 日

### <認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 6月27日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 3 4 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 9 月 5 日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号

氏 名 富士電機株式会社